



TITLE:

シンクロノームの新天文時計：その沿革と構造に就いて

AUTHOR(S):

高城, 武夫

CITATION:

高城, 武夫. シンクロノームの新天文時計：その沿革と構造に就いて. 天界 1931, 11(122): 281-302

ISSUE DATE:

1931-05-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/161672>

RIGHT:

シンクロノームの新天文時計

その沿革と構造に就いて

高 城 武 夫

は し が き

近來、我國の社會一般に「時を活かせ」の聲が盛んに聞かれるやうになつて來て、従つて正確な時間を保持するの必要上、勢ひ精密時計が悦ばれ、尙其の慾求が盛んになつて來てゐる。尤も之等の時計は所謂「常用時計」を言ふのであるが、此處に又天文社會に貢獻する新武器として、最近英國で天文用の新精密時計が考案せられた。即ち此處に述べやうとする「シンクロノーム」の時計がそれで、之が實用に供せられて以來未だ數年しか経たないが、それが在來の天文時計の何れにも勝つて、より精密であり正確であり、従つて、微妙な機構を持つた、實に優秀なものである處から、各國の天文臺は競つてこの新時計を備へ付け、その優秀な機能を活用させるに至つた。其の結果、今や之れ天文時計學界への一大改革なりとし非常なるセンセーションを惹き起こすことゝなつた。

因みに、この時計の本名は「ショイト氏シンクロノーム時計」と言ふ。現在までに製作され廣く世に賣出された數は約40臺で、我邦には東京天文臺に1臺、横濱測候所に1臺、そして京都花山天文臺に1臺据付けられてゐるのみである。

此時計に關しては、讀者の中に既にその大略を承知せられて居る方もあるであらうが、然しこの新時計が如何なる點に於て最新であり、精密であり、その機構が優れてゐるかと云ふ事は、餘り知られてゐない筈である。以下に花山天文臺の新時計に基いて、先づその沿革並びに構造、機能の大體と、現在活用状態の一端とを述べてみよう。

沿 革

1) 天文時計 元來天文用の時計と言へば、クロノメータと精密振り子時計の事であるが、前者は直接天文家に 使用されるばかりでなく、航海業者にも多く使用されてゐる 關係上、その種類も多く、又その製作者や研究者も非常に多いが、後者に到つては、その需要の點から云つても少數であつて、亦機械の構造上何れも大型にして 精密なるべき諸點から、多量生産的のものでなく、従つてその種類も少なければ、又、製作者研究者等も少ないのである。

從來各國の天文臺や、天體觀測所で、その事業の 遂行上常に最も重要な使命の在る精密天文時計としては、米國のホワード (E. Howard) の時計、英國のデント (E. Dent) の時計、佛國のルロイ (L. Leroy) の時計及び獨逸のリッフラ (C. Riefler) の時計等がその主なるものであつて、何れも夫れ々々特徴を持つてゐるが、就中リッフラ時計は最も多く使はれて、長年大いに實績を擧げて來たものである。

2) 親子時計 現今市間に見る街路時計、停車場、郵便局、會社等に多く見る時計は大抵電氣時計である。電氣時計と云へば 殆んど皆電磁石の應用であつて、一個の標準となるべき親時計から、それに 電線を以つて連絡されてゐる幾個かの子時計へ、一定間隔を 置いて、少しづゝ電流を送り出す裝置に過ぎない。親時計と云ふのは、他の何等の補助をも 受けることなくに獨りで動き得るものである處は、普通の時計とは變りはない。併し多くの電氣親時計は、多くの子時計とも同時に正確な時を 刻むためには、どうしても振子を持つたものとされてゐる。それで この振子を絶えず振動さすべき裝置の處を、純粹の電氣時計なれば、電磁石の 鐵片を吸引する力や電動機の廻轉力が、振子を押し蹴つた錘を原位置に押し返へしたり、脱進器の齒車を廻し進める錘を捲き上げたりする力となつてゐる。この 親時計から子時計へ送る電流を、一定間隔を置いて開閉する裝置を持つたのが、電氣親時計と呼ばれるもとであつて、子時計と云ふのは、普通は内部に 一個の電磁石があつて、親時計から 電流が流れて來た時、磁力が働いて、指針を進め

て行く至極く簡単な装置であつて、大抵は子時計は獨り動きをする装置を持たない。然しながら天文用の精密時計になると、子時計と云へど、完全なる一個の振子時計であつて、親時計はなくとも動く事は出来るが、唯之を正確に動かし、指針を正しく進めて行く處に親時計の助力が要るので、前述の如く親時計より送らるゝ電流によつて、子時計振子は親時計振子と調子を合はせて行く同調装置を有してゐる。かくの如き精密時計に於ては、親時計一個に對し、子時計一個を連絡させて、一對の完全なる時計とされる。精密と云ふからには、この親時計自身の動きの正確さが問題となる。されば天文用の精密時計に於ては、その親時計に、ありとあらゆる考案が施されてゐるが、之を完全正確に動かし、正しき時間を保持して行く事は亦一つの難事とされてゐる。

3) 精密時計 一般に精密機械に於ては、外界より受ける溫度、濕度、氣壓、及び震動等の影響を避ける事には最も考慮を拂ふべきであるが、精密時計に於ても同様であつて、殊に振子時計は、之等外界の影響には最も著しい効果を現すものである。そこで先づ溫度の高低による影響を避けるためには、時計を地下の深穴に降し、出來得れば、その穴庫の中を電熱器等を以つて、溫度調節を行ふ。次ぎに溫度と氣壓の影響を避くるために、時計全體を完全に密封させた器物の中に納め、外界とは唯所要の電線によつて連絡をとるのみとし、器物の内部の空氣を排除する。この器内を眞空にする事は、時計振子の振動を最も圓滑に、自由に、且つ正確に行ひ得るものとして、最良の効果を與へるものである。依つて、氣壓制振子に在つては、その進み後は、中の氣壓を加減する事によつても微細なる調節が行はれるのである。最後に外界の震動、多くは地震等の影響を避けるためには、出來るだけ堅固な石柱を建て、時計を据付けるに當り、外界の常時に起る震動が振子の振動に成丈け影響の及ぼさない様な方向を擇んで取付けられる。

以上の事柄はシンクロノーム時計に限らず、現今までの、精密振子時計には何れも試みられて來た方法であつて之の種の時計の外界的の構成を述べたに過ぎない。

4) 振子時計の要所 振子時計に於て最も重要な點は、振子それ自身の問題

であるが、この方は最近温度の變化に對する膨脹係數の最も小なる金屬で インヴァール (Invar) と云ふニッケル鋼の合金 (鐵 63.6% ニッケル 36.0% 炭素 0.4%……膨脹係數 0.0000009) が獨逸のドクトル C. E. ギロームに發明されることに依り、時計振子の温度變化に對する影響は殆んど皆無とまで考へられる事になり、難なく解決されたのであるが、偕てこの立派な材質を持つた振子を、如何にして完全な時計の振子として役立たせることが出来るかと云ふ點に於て、世のあらゆる時計製造者等が頭を悩ます次第である。其れは即ち、この時計振子を永久に同じ状態のもとに、一樣な振動を繼續さすべく、如何なる手段と方法とに依つて、絶え間なくその運動のエネルギーを補つて行く事が出来るかと云ふのが第一の問題で、次には既に述べた如き、子時計への同調裝置であり、そして時計盤面に於ける指針への連絡法である。一般に振子時計に於て、その電氣式なると否とに係らず、之等の裝置の優劣は直接その時計の價值を決定する要件であり、その裝置に就いては、如何なる考案もなされる處から、今後に於ける新式時計への發展すべき餘裕があり、そして最も興味ある問題である。蓋し、シンクロノーム時計は結局この點で、在來の多くの時計を大いに凌駕したもので、全くその手段方法を異にするものである。

上述の事柄は本論に取つては或は蛇足に過ぎないが、シンクロノーム時計が新式時計として名乗り出でるべき幾分かの よすが ともならんことを希つて愈々シンクロノーム式への沿革に移らう。

5) シンクロノーム式への階程 近年精密なる理化學器械が多種製作される一方、兼ねて、天文精密觀測が要求されるにも係らず、久しく時計界には何等目覺しい發展はなかつたが、以來大いに精密機械家を促す處あり、又振子時計の研究者の中にも、漸く此處に斯界の一新機軸を齎すべき妙案に到達した者が追々現れて來たのである。かく云ふ新考案とは即ち前述した如き、主時計振子を如何にして最も完全に、理想的に活躍させ得るかと云ふ點に外ならない。

そこで先づ第一に 振子運動の補勢法の改良である。即ち在來の振子時計と云ふものゝ殆んど全ては、脱進機 (escapement) の理により、ガングリ車なる

齒車の廻轉力は種々なる装置に依り 振子に直接に聯動され、振子は所謂單一弦運動を持続し、且つ秒針を進めて行く装置であつて、かの リーフラ式主時計に見る如く 自由脱進機と稱せらるゝ装置にも、不斷の振子への脱進聯動装置にそれ自身幾らかの拘束を生じつゝ動いてゐる結果、若しこの聯動を數秒でも止めた結果は振子には却つて邪魔物装置となり、重力に依る振子の自由振動は妨けられることゝなる。或は 又一方振子が(毎三十秒に)振子運動を繼續するべく衝擊力を受ける重桿若しくは打撃桿の装置を持つた振子時計に於ても、一定時間の後に この運動を起す仕掛の齒車を引き廻はすのも全て 振子自身が、之を行ふから、それを行ふ限りは多少なりとも振子の自由振動は妨けられてゐるわけである。

シンクロノーム式への階程の先づ最初の改良考案の 着眼は實に此の點に始つてゐる。

6) 自由振子 時計の振子に脱進機を用ふるのも面白くない、さりとて ヒツカケ棒 (Ratchet) を取付けてゐるのも望ましくない、が而し振子運動の勢力は繰返し補ふべく何等かの拘束なき装置を講ぜねばならぬ。この問題を解決し得ざる限りは、近代に於て之等時計振子に精密な吟味をなした場合、到底精密振子の其の名を爲し得ぬものとなつたのである。

此處に於て互ひに凌ぎを削つて競ふ此の種の装置の研究者仲間にも、既に或は行詰りを感じてゐた折しも、丁度1917年、英人バートラム(C. O. Bartrum)によつて時計振子の 自由振動の實際に於て或は難なく解決の一曙光が齎された。即ち彼は此處に、互ひに相異なつた作用を行ふ二種の振子を別々に設けることに依り、最も良好なる時間を保持し得られると云ふ結果に到達し、一躍、振子時計の將來を暗示する重大なる新案を提出したのであつた。

所謂此處に述べる自由振子の嚆矢となり、シンクロノーム式の根本原理となつたものである。

この二種の振子の一方を「主時計自由振子」(Free Pendulum Master)と呼び他方を「補助奴隸時計」(Slave Clock)と稱へる。この 兩振子時計の關係は在來の振子時計に見る「親時計」に對する「子時計」若しくは「主時計」に對する「副時計」の關係とは全々その趣きを異にするものであるが、特に

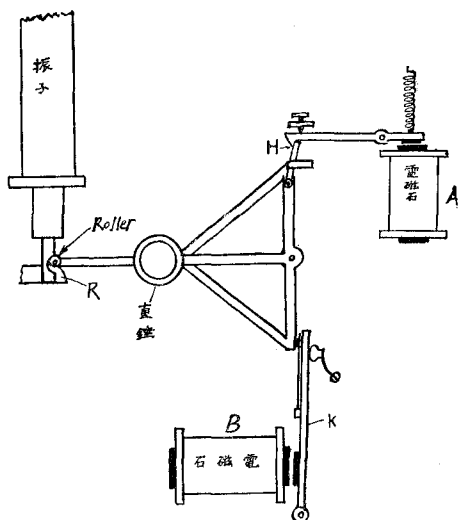
「奴隸」なる名稱も亦後述に依つて氷解さるゝことであらう。

現今「補助時計」を「奴隸」(Slave) と云ふのは、或は適譯でないかも知れないが、1917年の英國ロンドンの物理學會はこのスレーヴ (Slave) なる語を議決してゐるのである、我々はこの奴隸なる言葉を平和なる意味に考へて、「常に主人のために力となつて働き、而して主人の指導のもとに安住を營む」と云ふべきものであつて、亦この時計の關係もこの意味以外には成立せないのである。

7) バートラム式主時計 偕てバートラムの考案せる主時計側は (第一圖)

第一圖

"Bartrum" Free Pendulum Master



“主時計振子の補勢装置”

の如きもので概略を示す。この主時計に於て振子を除く他は何れも常には静止の部分であつて、三十秒毎に各々は一回瞬間的の動作を繰返すに過ぎない。そして何等廻轉部分を持たないと云ふのが「自由振子」と稱する種々なる型式時計の主時計側の共通なる特徴である。

この圖に於て振子を除く静止の部分のみを説明すると、これ丈の装置が結局この主振子の厄介にはならず、補助時計の作用に依つて三十秒毎

にこの振子の振動を續けて行くべき衝撃力を與へる作用をして行くのみである。Aなる電磁石に補助時計よりの電流を受けると、重錘を持つた重量杆の支持點 H のヒツカ、リが外れ、振子の下部にある R なる片上に重錘の重力を感じることになる。丁度振子が左方へ移つてしまふと、R なる片の圓滑なる斜面を今まで乗つてゐた小さな車が滑り下り、重力は傳つて振子を左方へ押しやることになる、最早それで用件は済んだのである。

下へ傾いた重錘は K なる棒の先端で接觸しつゝ B なる電磁石が働く装

置となり、原の位置に歸るやう、K はこれを押し上げるべく磁石に強く引かれて一回の動作は終る。次は補助時計の仕掛により 又三十秒が來れば同じことを繰返し行はれる。以上がバートラム式時計の實際であつた。結局此の種の如く二種の振子時計を設けたと云ふ要點は、主時計の振子が唯重力によつて圓滿なる等時性を保ちつゝ振動して、何等自活の道を講ずることをなさない。誠に今の世に呑氣な話であるが、そんなことをしてゐるやうな事では折角の振子の等時性を保つと云ふ大役は完全に果たすことは出來ないのである。かのガリレオやハイゲンスに對しても相濟まない次第である。そう云ふ處から、自分が活動して行けるだけは、下男である補助時計に委かせる。下男たる補助時計は自分自身も亦獨り歩きをせねばならず、尙ほも主人たる主時計振子への振動を補ふ、お手傳ひもせねばならぬ、と云ふお蔭で自分は、やはり在來の如き振子時計の機構を有してゐるのである。従つてやはり在來の時計振子の缺點は持つてゐるから、その處は、斷然信頼すべき正確さを持つ主時計振子の御厄介になる、(同調装置の必要)と云ふ意味合ひは、現在のシンクロノーム時計に於ても行はれてゐる機構動作の原理の實際であつて、常にこの時計を扱ふ者の敍實に經驗し、主時計の「自由振子」に對する補助「奴隸時計」の名も成程と領かされるものである。

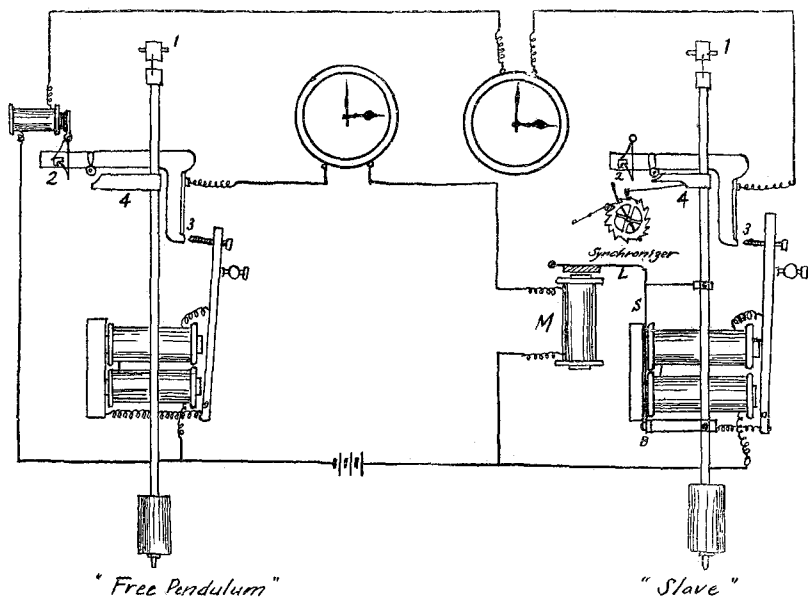
バートラムの新案になるこの時計も、未だ同調装置を持たず漸次改良すべき點多く、實用に供せられる程でもなく、唯その原理に更に新考案になる補助振子の主時計振子に對する同調装置を設けて、愈々シンクロノーム式としての完全なる型式を備へたのであつた。この同調装置はケープ天文臺のサー・デビッド・ギル(Sir David Gill)等によつて考案されたもので、現在のシンクロノーム時計の考案者ショート(W. H. Shortt)氏は、バートラムの自由振子方式を直接取入れ、且つ又同調装置をも設備して、先づ、以下に述べる如き装置となし、愈々本題の現在の時計に到らしめたのである。ショート氏がこの時計を作り出すや、英國現在の製造會社即ちシンクロノーム會社が、この新装置を採用することになつて以來、この時計の製作研究が著しく進歩して來たのである。

8) 初期のショート、シンクロノーム時計

第二圖に於て見る如く、ショルト氏の 先づ最初に考案し、製作した時計の構成を示すものであつて、左方は自由振子主時計、右方は 補助時計である。讀者は、既に述べて來た 事柄を思ひ起して、この時計の兩振子の運動方法を理解され得ることであり、更に言を重ねて 説明するまでもないが、よく見てみると、この兩振子に衝撃を與へる 裝置が振子の上部にあつて、今度は、重量杆自身が重い金屬片で出來てゐるから、更に 重錘を乗せる要無く、自分の重みで傾き落ちて來る處が 丁度振子の 4の部分に當つて何れの振子も右方へ押しやられるのである。そこで 傾き切つた挺子は3の部分で電氣的の接觸を受け、下方の大きな電磁石が働いて、瞬間に上の原位置にかへされ 2の部分でひつかかつて止む。

第 二 圖

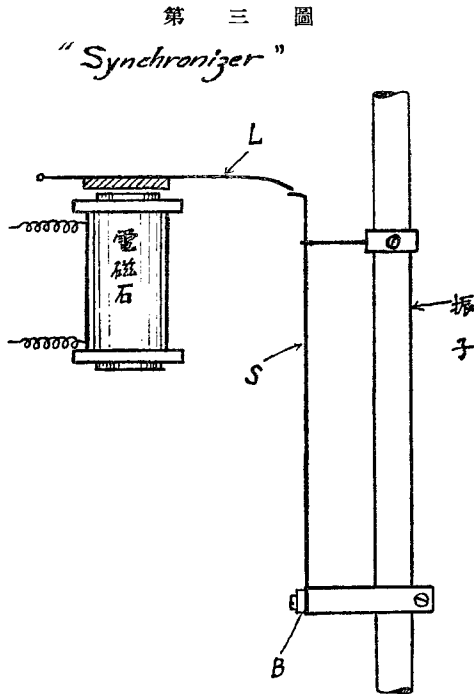
"Shortt" Master and Slave circuit



“ショルト氏の考案せる初期のシンクロノーム時計關係圖”

9) 同 調 装 置 上に述べた動作は先づ常に補助時計から始まると、矢

繼ぎ早やに主時計側にも行はれて、愈々最後の瞬間の動作に於て M の電磁石にも電流が流れることが了解されるであらう。此處の装置が同調装置 (Synchronizer) と呼ばれるもので、特種な装置に依る同調方法であるから、この名を引いてシンクロノーム (Synchronome) 時計と言ふ名が生れたのであらう。



この磁石に依つて引きつけられた L なる片と振子に附屬してゐる S なる片とが噛み合ふ。(第三回) 若し振子が右より左へ振れて行く時にこの鐵片が瞬間的に引きつけられて居ても、丁度互ひに一致することがなければ、噛み合ふことはなく、きわどい處で、外れてしまふであらう。即ちこの装置は換言すれば L なる鐵片が引付られた瞬間に、丁度振子が振れて來て噛み合ふと云ふ調子の合つた時と、次には振子が僅かに以前より早いか後いかに、鐵

片と噛み合ふ瞬間のアト先きになつて調子のズレてゐる時との二様の作用に分けられる、この前者の作用に於いて、振子が折角右方より勢よく左方に進んで來るのを、L 片が突張つて差止めてしまひ振子運動の邪魔をし、時間を後らせるやうに考へられるが、實はその反對であつて、B 點に固定されて彈力のある S 片は L 片に差止められることにより、振子が左方へ振り終つてしまはぬ内から、左方より右方へ早く押しやうとして作用するので、次に振子が右方へ歸つて行く時は、L 片と S 片のカ、リ合はない場合よ

り振子は僅か進んで居る。かくして毎三十秒が経ち、衝撃動作が始まり何回もこの動作が續けられると、振子は進み過ぎて、終に調子が外れて来る、即ち L 片が降りてゐた時には、S 片はすでに通り越してゐてカ、リ合はない、そしてこのカ、リ合はない動作が續けば振子は漸次後れて来て、又何時か丁度 L 片と S 片がカ、リ合ふ時が来るに違ひない、そして又衝撃動作のある毎にカ、リ合ふことが始まれば、振子は又進んで行く。かくしてこの二様の動作が終始繰返されて、主時計振子と補助時計振子のフレがほぼ同じ調子の時はこの動作に於て、補助時計振子のフレが L 片と S 片の噛合ふ時以外に進むとも、後れて行くことには決してなり得ない、最も完全に兩時計振子の振れの調子が一致して居る場合には、上の二様の動作は交互に繰返さるゝことゝなり、この装置を設けた此種時計は最上効果を舉げつゝ活動してゐる場合である。

而してこの種の時計に於ても補助時計のガンギ車は十五齒に刻まれて居り、従つて三十秒毎に上の動作が、L 片と S 片がカ、リ合ふと否とにかゝはらず、行はれてゐるものである。

何れの振子時計に於ても、一秒振りの振子であれば全て一回の衝撃は三十秒毎に繰返さるゝやうに仕掛けられてゐる、一般にかくの如き振子に於ては、三十秒間程の間隔には先づ大した影響のない限り、兩振子は機構的に變化を及ぼす程の差違は生じないものである。

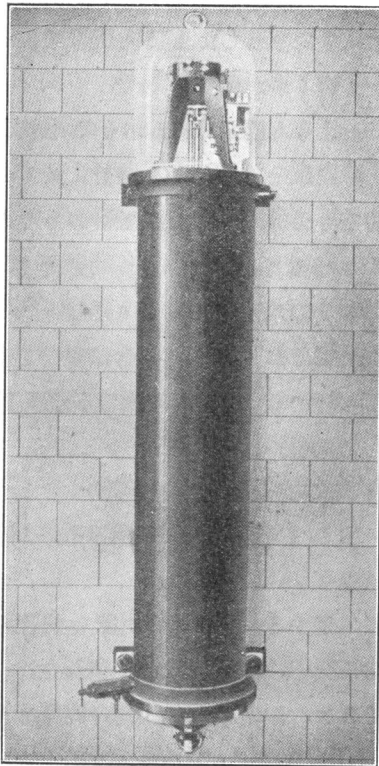
斯くの如き装置を有するシンクロノーム時計を最初に始動するに當つては、上の動作を完全に行はしめるためには、兩時計の振子の振れの調子が殆んど一致すると思はれるまで、飽くまでも調節を行ふ必要がある。

自由振子の機構に對する、補助時計振子の同調装置の相方共、理解されたならば、シンクロノーム式の原理説明は終つたのである。これ以上は最早や、實際に當つてこの時計を精密機械として見た時の、この運動機械の維持上の問題となる。

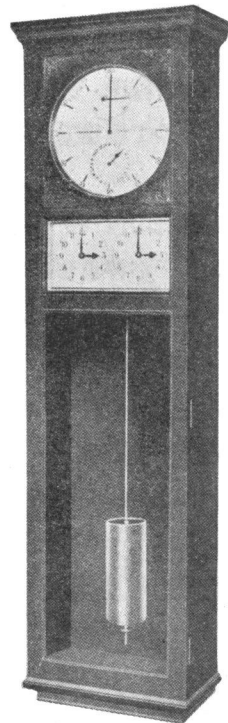
上に述べた同調装置は實際に於ても非常に簡單なので、誰れしも最初は見落さんばかりであるが、その實この装置に依る動作が完全に行れるに非ざれば、如何に誇らしき自由振子も、終にその價值を失ふものであること

は疑はれない。換言すれば 自由振子とは、他から何等力學上の拘束を受けない自由振動の振子自身を言ふに非ずして、この同調装置をも 同伴することにより、この關係聯絡を有する振子の機構を名付けて、初めて 自由振子と呼ばれるものである。補助時計内にある この装置は、所謂主時計振子の一部出張所に過ぎない、

第 四 圖



FREE PENDULUM



SLAVE (Type B)

“現在のシンクロノーム時計”（左方が自由振子主時計、右方が補助時計）

以上述べて來た 事柄により、シンクロノーム時計なるものが、在來の如何なる時計と對稱してみても、その如何に奇抜なる 構成であり、且つ新案である所以の幾らかは不完全ながら、了解されるであらう。而して 本題に

依る此の時計の説明の大半は済んだのであるが、愈々現在最新を誇る シンクロノーム時計の實際に就いて、以下に補足を加へ、最新なる意味の完全を期したい。

機 構

10) 現在のシンクロノーム時計 ショート氏が考案して、シンクロノーム會社が愈々世上に賣出すに到るまでに、改良考案された處は、主として主時計側である、現在寫眞にも見る如く、誠にすつきりした 鮮かな出來榮えであつて、精密機械製作の進歩せる一端をも窺ふ事が出来る。

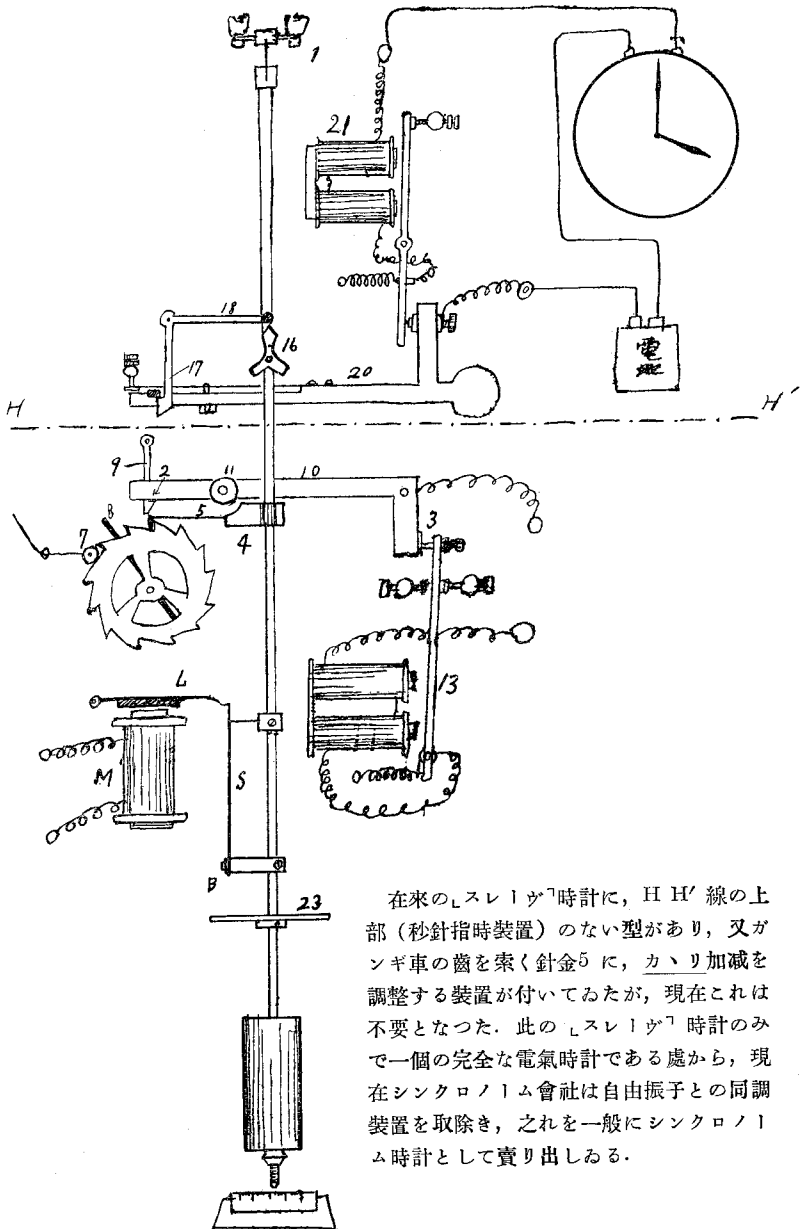
主時計側の構造、装置は或は補助時計よりも簡單であるがその 取扱ひに關しては反つて困難である。自由振子の機構を有するこの 時計に於ては、既に述べて來た如く、その親時計に當るものは、或は 補助時計の方である事は、兩時計の何れか一方に於て何等か機械上、若しくは 外的影響の故障に依り、振子が停止せる場合、主時計振子の 停止する時にも補助時計振子は停止することは無いが、若し補助時計振子が 停止せる場合は従つて主時計振子も亦共に停止するのを實見しても解かる。原動力を繰つる方は 補助時計である。次に先づこの補助時計の機構動作を説明しやう。

11) 補助「奴隸」時計 この時計のみを 見てゐると在來の電氣親時計とその方法に於て大差なきが如く思はれる。蓋し主時計との相互關係聯絡を除外した場合には、一個の電氣作動時計に過ぎないのである。

この時計内の機械は明らかに二種に大別する事が出来る。即ち 自己及び主時計振子との相互の振動脱進装置の部分と、時計函の表に 盤面を設けて秒針を運進させる指時装置の部分とである。その 内部の機構略圖は第五圖の如くである。前者の装置の部分は $H-H'$ 線の下方であり、その上方は後者の装置である。これ丈けの装置が時計函の内部面に 取付けられ、中央上部より 振子が垂れ、建設壁に固定される。高さは約1米30釐、振子は勿論 1秒振動である、即ち一往復に二秒を要する。（頭初に述べた如く、天文用時計は恒星時である。常用時なれば振子の長さを少し長く加減すればよい、）

此の圖に於ける下方の部分は讀者も既に了解されてゐるであらうが 不足

"Slave clock"



第
五
圖

補助時計の構造圖

在來の「スレイヴ」時計に、H H' 線の上部（秒針指時装置）のない型があり、又ガング車の齒を索く針金5に、カゝリ加減を調整する装置が付いてゐたが、現在これは不要となつた。此の「スレイヴ」時計のみで一個の完全な電氣時計である處から、現在シンクロノーム會社は自由振子との同調装置を取除き、之れを一般にシンクロノーム時計として賣り出しゐる。

の部分をも更に説明してみよう。

振子が左方より右方へ振れる時に 5の針金がガンギ車の一歯を引いて廻はす。左方へ振子に移る時は 7の モドリ止メ によつて、5はガンギ歯の上を滑つて更に左方へ、次の歯にかゝるまで進む。かくしてガンギ車に固着してゐる 8なる鐵片は、ガンギ車と進行を共にし、終に 9なる止金を引き外すことになる。即ち三十秒毎に繰返さるゝ振子への衝撃作用が開始されるのである。従つてガンギ車は十五歯に刻まる。この 8の片と 9の片とが接する頃は、振子が丁度右方へ移る間の中央静止の位置に近いやうに、8とガンギ車が固定されてゐる結果、その次の瞬間には、止金が外れて 10の挺子が落ちて、11なる ローラー 車が振子に固着してゐる 4の座金に滑り來たるのである。即ち換言すれば

I 振動衝撃は振子が静止の位置、若しくはその附近に於て與へられねばならぬ。
と云ふ鐵則の第一條を、譯なく行ひ得るので、次に

II 衝撃は瞬間的に行はれて仕舞はねばならぬ。

と云ふ第二條は、10なる重量挺子が、落ち切らぬ間に既に右方の電磁石が働き、13の鐵片により突き上げられるから、11の車が 4を打つたかと思ふ瞬間には、より速く原の位置に返つてゐる、實際に於ても誠に鮮かに行はれる。次に

III 此の動作の際、振子へは何處の部分へたりとも、絶対に他より、拘束干渉があつてはいけない。

と云ふ第三條も立派に守つてゐる、が或は絶対にとは云へないかも知れぬ。動作の終りに於て、電磁石の回路は（第八圖）の電磁石を通り、分針が半分毎に進んで行く、そして次なる主時計振子の衝撃動作の開始をする電磁石を通つて、返つて來る。この作用も瞬間に行はれる。

この時計振子が衝撃を受け右方へ大きく振れて、次に左方へ移つて來る頃には既に前項に説明して來た如く、主時計振子の衝撃動作が終り、それと同時に他の電氣回路を傳つて、同調電流が流れ、補助時計振子が、丁度又静止の位置に來た頃に、Lなる鐵片が作用し、Sなる片と噛み合つて同調動作が行はれることは既に精述した處である。

時計の機構は簡単であるが、上述の動作が始めより終りまで一つとして不揃ひなく、一致して行はれるためには、有らゆる部分の微妙なる調整を要することも既に述べた如くである。

次に秒針の指時を表すために H H' 線の上部の機構が設けられた。

振子が左へ振れ或は右に振れる途中に於て、16なる三矢の形をした小さな振れ金が、頭を何方へでも軽く振れるやうにして、この振子に附屬してゐて、この三矢の上方の尖つた處が、常に 18なる細金の先端と觸れ合ひ、従つて 17なる止金が、その度毎に 20なる挺子を外して、落すのである。振子が右へ振れる時に一回、左へ振れる時又一回、かくして、正しく毎秒を刻んでその動作が行はれ、落ちた挺子が、電氣的接觸を経て 21なる電磁石に電流が流れ、強く鐵片を引着けることにより、挺子は、急いで原の位置に突上けられ、再び 17の止金で支へられ、又次にこの動作を毎秒繰返すことになる。この動作の後仕舞をする電磁石に流れる、電流を導いて、秒針を進ませる装置をすれば、これで立派な一個の、完全な時計である。

上述の如くこの振子には、16の如く、又 4、5の如き常に他との拘束を受けるものが着いてゐる限りは、最も完全に正確に、振子運動を繼續することは困難であらう。

23はこの振子の進み後れを加減するべく 錘りを乗せる皿である。最下方の目盛りを読むことにより、この振子の振れを監視することが出来る。

1 の部分は、振子棒の頂上で、薄いハガネ片にて支へられ、振子の振れを助けてゐる。

12) 主時計自由振子 次に主時計を説明するのであるが、その機械部分は實の處、簡単であるが非常に込入つた微妙な動作を行ふので、此は略圖によつてその要領を示すに止めやう。蓋しこの機械部分と云ふのは、主時計振子へ三十秒毎に（即ち十五振り毎に）衝撃を與へ、同時に動作に役立つ機構部分が、原位置に復する作用の部分に過ぎない。その他の間は常に何等廻轉部分もなければ、電流の通じてゐる部分もない、静止の状態であつて、唯振子獨り、何の音もなく悠然と振れてゐるのみである。主時計は寫眞で見る如く、全く時計の形態をも有せず、尙ほ指時盤面すら持たない、外見上、圓筒上部の硝子の中に、僅かに振れる振子の上部が、隙間見えるだけであ

る、そして 外部には圓筒の上部に三本の電線が出てゐるのみであるから、最初の實見者は、其れが一體何者なるかに首を傾げるであらう！ 而して三十秒が來ると規則正しき僅かの機械の動作の音が聞えて、瞬間的に 靜止してしまふ、じつと見つめて、その機械の動作を窺ふことすら出來ぬ。

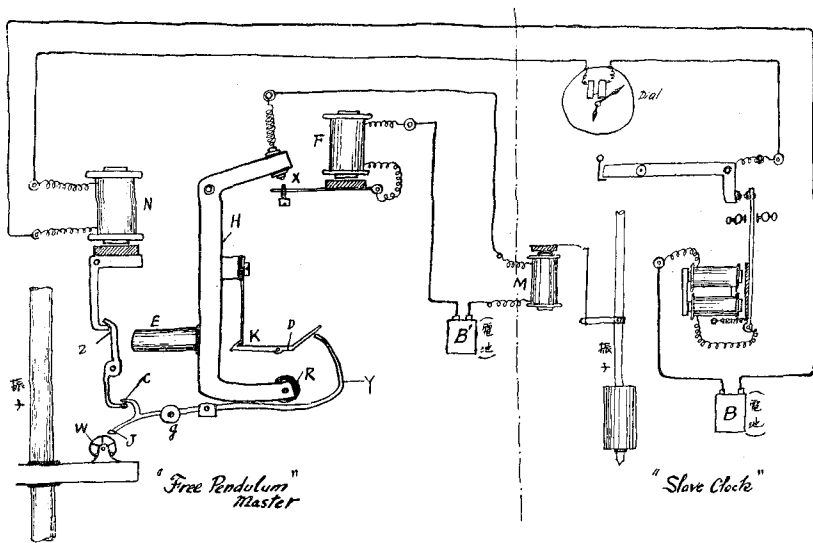
讀者は既に承知の如く、この振子は、衝擊を受ける 瞬間の外は、他に何等の拘束干涉を受ける機械部分を持たず、唯重力による振子運動を 全く自由に繼續するばかりである。

この主時計振子が補助時計振子と全く調子が揃つてゐる 時は、振子運動の定則第一條の條件が、正確にこの主時計振子にも適用され、振子が 靜止の位置に來た時に衝擊動作が行はれるのである。そして 第二條の如く瞬間的である。且つ第三條の如く何等の干涉がない、實に 完全である。尙その上、この主時計は、既に 精密時計の項で述べた條件をも満足させて、理想的の構成としたのである。そこで即ちこの 主時計の振子は勿論機械全體を一個の圓筒内に納め、上部は 外界より見えるやうに硝石瓶を被せ、底部を閉ぢて密封し且つ内部の空氣は約二十分の一 氣壓以下に保つたのである。かくすることによつて、この自由振子の機能は著しく 高められ、愈々現在興味ある眞價を發揮する事が出来るやうになつたのである、この 最後の問題は、彼ショート氏の最後の研究努力の結果である。

13) 主時計の機構 次に主時計の機構を略説するために 補助時計との聯絡圖によつてその動作を考へて見やう。讀者は再び 補助時計の主時計との關係動作を思ひ出されたい。(第六圖)

補助時計が衝擊運動を開始するとその終りの動作電流が尙同じく B の電池によつて主時計の N なる電磁石に流れ、此度は主時計の衝擊運動が始められ、N が鐵片を引上げると、運動が傳はつて Y は C のかゝりを外して、J の點が振子に附屬した小さい W なる車の上に落ちかゝつて來る。J には g なる軽い錘りがかゝつてゐて、その重みで落ちるのである。振子が振れて右方より左方に移る時、この小車は J の重みを廻轉しながら受け流して、左方へ振子と共に移る。J は尙ほもこの車を踏み下して強く左方へ押しやる、これは實際は非常に軽い動作であるが、これが主時計振子の受ける 唯一の

第 六 圖



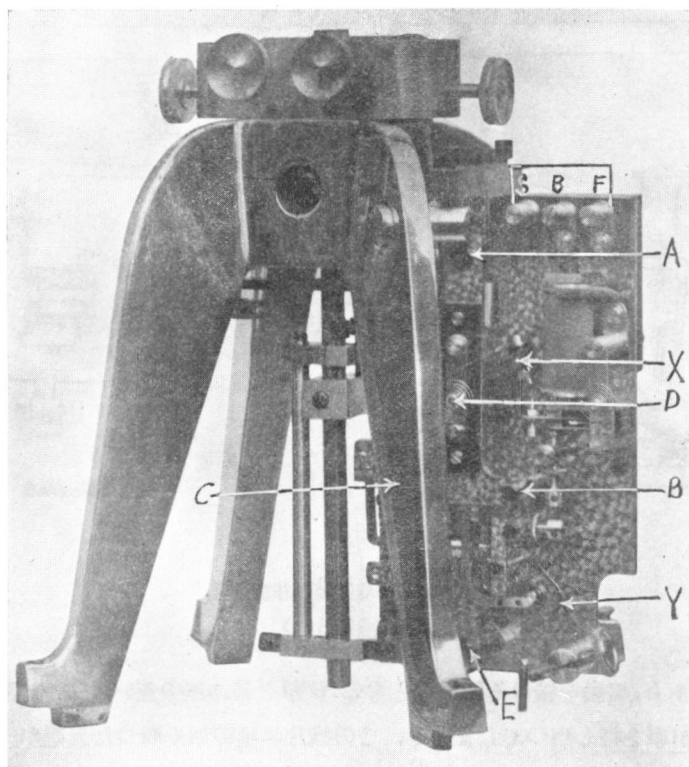
“主時計並に補助時計の動作説明圖”

(主時計, 補助時計)

外力であり、振動を続ける原動力となる。衝撃と云ふ程の荒い打ち方ではない。J が車を押し切つてしまふと、この鐵片の尾の如く曲つた先端が D を打つて K でひつかゝつてゐる大きな重杆 H 全體を外して、R なる小車は、左方に滑り J を引上げるやうに Y 片を下方へ押す。そして Z 片は E の突起によつて左方へ打たれつゝ引上つた J の上端 C を再びひつかけ元の有様となる。H 全體がかくして傾き切る時、その上端が X の處で接觸する。其處で、又他の電氣回路が閉ぢ、F の電磁石が鐵片を引上げて X の點で強く H 全體を原位置に押返すのである。かくて H は K によつて又ひつかゝり、靜止すると同時に電氣回路は開く。この最後の電氣回路に電流の流れてゐる瞬間、補助時計の M 電磁石は S の鐵片を引き付けてゐる、即ち補助時計振子の同調作用となる。上述によつて一回の動作は完了する。之れ丈けでは誠に簡單なものである。

振子に附屬する小車を廻す J の先は寶石を用ひ、磨滅を防いでゐる。

第七圖



“主時計の機械部分、四足の中央に振子の上部が見える。”

實際に當つては、上述の如く常に廻轉する部分もないから、注油を 加減する心配もない。が而し電氣回路を利用する處から電磁石には 各々蓄電器を有し、又絶縁を嚴重にしてゐる。

この主時計に於ける、上の動作機構の部分と、振子に附屬する 小車を支へる部分は、唯三點に依つて、之を支へ、何等固着されてはゐない。故に衝擊を受ける小車を「J」の部分とは常にほんの僅かの間隙を持つのみであるが、互ひに振れて、接觸するやうな事は絶対に無い。

此處に掲げる寫眞（第七圖）は、その動作の機構部分のみを示したのであつて、右方に立つてゐる平板の機械部分と 前の略圖とを對照されたい。

圖に見る如く蛸の如き四足が立つて、その上方で、振子を固く支持してゐる。

14) 主時計の附屬物 この四足は圓筒の上部の圓管椽に取付けられてゐる。この振子にも上方に、重錘皿が取付けられ、最下端には 下向きに耗目盛りの小尺が取付けられてゐて圓筒の下部より之を覗いて振幅を読み取る。

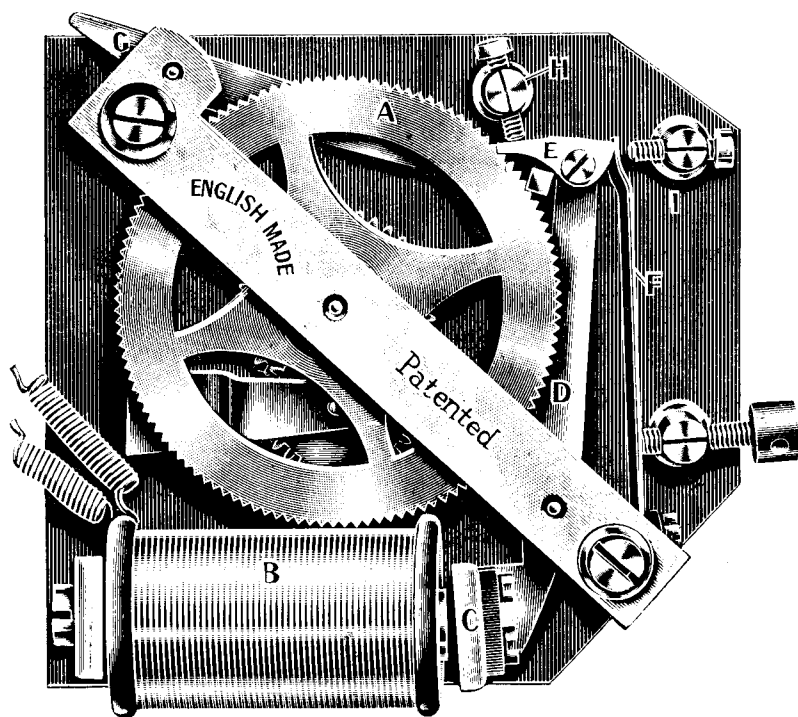
この四足の左方の空所へ、水銀氣壓計、油氣壓計、及び溫度計、(寒暖計)が取付けられ、大氣中に於ける試験が済めば、圓筒全體を 帽子型の硝子で瓶被ひ、圓筒との接觸部は固粘油で、充填する。組立てが 終つて、排氣する時は、g の重りを更に軽いものと取り換へ、重錘皿の分銅も 加減されるのである。圓筒の底部は、厚硝子を以つて 蓋をされ、振幅を読み取るに便にしてある。排氣は圓筒の下部より導管を取付けて 行はれる、排氣には、油入眞空唧筒が準備される。そして更に、内部に加工を 爲すべく空氣注入を行ふ場合は、乾燥藥品を満した硝子瓶が用意され、排氣孔に 取付けらる。即ち内部には乾燥空氣のみを満たす用意である。

上述によつて漸くこの時計の 構造動作の全てを終つたのであるが、通俗を旨としたため、徒らに 冗長に流れて、その要領を失した傾きもあり、言葉の重なつた嫌ひもある。併し、以上によつて讀者はその大要を理解された事と思ふ。最後に花山天文臺に於ける、シンクロノーム時計の 現状に就いて少述したい。

15) 花山天文臺のシンクロノーム時計 花山天文臺のこの時計は、製作第28番 1929年製である。別表に見る如く、實に新しい 型である。昭和五年三月に建設が始まり、約半年種々なる 困難と闘ひつゝ兩時計の試験が行はれ、九月になり、愈々完全なる活動は開始されたのである。九月當時、自由振子の振動を開始されたまゝ、大抵の地震にも 大影響を見ることなく、現在立派な運動を續け、月日の 経過と共に愈々その眞價を發揮しつゝあるのは實に見上げたものである。

排氣後の氣壓は34耗、主時計振子の振幅約 1.7 度角を變ぜず、補助時計振子は、約 3度角である。主時計は本館地下 2米の時計室の 堅固なる石柱に据付けられてゐるが、設備の都合上、一年を通した 溫度變化は可なり大きい。補助時計は子午線館内、中央觀測室の 壁間に新しく石柱を設けて据

第 八 圖



- | | | |
|-------------------|--------------------|----------------------|
| A Main wheel. | B. Electro-magnet. | C Armature. |
| D Armature lever. | E Driving click. | F Driving spring. |
| G Back top lever | H Momentum stop. | I Stroke limit stop. |

“補助時計の指針を動かす装置”

（瞬間電流が流れて電磁石が指針の齒車を一齒だけ進める装置）

付けられてゐる。此處も溫度變化は更に大きい、補助時計は、自由振子の構成上、少々ゝの氣溫の差はあつても、常に主時計より、調整を受けて大體主時計振子の振動に作ふ結果、嚴重なる定溫裝置は要せぬ、故に、補助時計は之を排氣などを行ふ必要もなく、常に觀測に役立つ目的の場處を擇んで、取付るのである。唯主時計のみ、嚴重なる監視の下に、あらゆる外界の影響を考慮しつゝ、保護する必要がある。

上に説明せる處では、使用電線は兩方時計間に、二回路（四本）であるが、實際はこれを電源電池を共通にして三本の電線にて事足り、之に花山

にては、蓄電池を以つて13ボルトを供給してゐる。勿論 直流であり、弱電流に属す。この回路間に抵抗器を挿入して電流電壓の 調整を行ふ。又、補助時計の秒針装置の電池は別に用意するのである。

各國に於ける シンクロノーム 時計の所在地

No.	製作年	No.	製作年
0 Edinburgh	1922	19 Adelaide	1928
1 Helwan	1924	20 Loomis, Tuxedo, N. Y.	1928
2 東京天文臺	1924	21 同 上	1928
3 Greenwich	1924	22 同 上	1928
4 Edinburgh	1925	23 Lick	1928
5 Melbourne	1925	24 Copenhagen	1928
6 Adml.C. A. Fountain, C. B.	1925	25 Lourenco Marques ..	1929
7 W. H. Shortt, M. Inst., C. B.	1925	26	1929
8 Sydney	1925	27 Cape of Good Hope (2nd)	1929
9 Batavia	1926	28 花山天文臺	1929
10 Cape of Good Hope ..	1926	29 Dominion, Ottawa ..	1930
11 Greenwich (2nd) ..	1926	30 Cracow	1929
12 横濱測候所 ..	1926	31 Canberra	1929
13 National Physical Lab.	1926	32 Washington	1929
14 Warsaw	1927	33 Manila	1929
15 St. Louis	1927	34 Dehra Dun	1930
16 Greenwich (3rd) ..	1927	35 Nikolaevskaja	1930
17 American Geophyscl, N. Y.	1927	36 Rio de Janeiro ..	1930
18 Mount Faber, Singapore	1928	37	1930

上表にあるのは、現在各國にあるシンクロノーム時計の所在地(多くは天文臺)であるが、グリニチ天文臺には、見る如く三臺を擁して、ジャクソン氏 (Dr. J. Jackson) が専らこの時計の研究を行つてゐる。その最近二年間の結果に於ては、時計固有の變差を差引いて、その差 0.6 秒以上にもならぬと云ふ事であり、一日に1000分の 1秒 前後の狂ひしか出ぬものとまで傳へらる。されば、現代に於ては、地球の自轉を以つて時を測る 原尺としてゐるが、それよりも人間の拵へた機械の方が餘程正確だと云ふ 事になり、この時計を以つて 地球自轉の不揃ひを見破れるときへ云はれてゐる。(次頁…ジャクソン氏の研究) 花山 No. 28 時計の數量的結果は亦日を改め

て起稿しやう。

む す び

今や精密時計學界には改革期が到來し、各國の時計學者間には、在來の時計には一瞥もくれず。シンクロノム時計自由振子禮讃の聲で賑つてゐる。

兎に角、驚くべき精密さと正確さを持つた此の種の時計も、或は我々一般人には直接何等交渉なく、お蔭がなさそうであるが、その實、日常我々が、有らゆる機關を通じて受ける「報時」は、やがて、その源は、かゝる正確なる時計によつて送り出される事を思ふ時、その「報時」に絶対の信頼を置くためには、強ち此等の天文時計にも無關心で居るわけにはいかない。現代は「スピード時代」であると云つて「何事も速かに」は良いが、時の數へ方までもせき切つて數へてしまへと云ふのではない。同じ仕事をなすのにも出來得る限り短少時間に完行して餘裕のある日を暮せと云ふのが、「時の記念日」等の生れ出する所以でもあらう。即ち換言すれば、短少時間を測るには、出來得る限りの短少單位を信頼し得る精密時計が慾求される所以である。今や世に産れ出でたこの新時計が、在來の如何なる精密時計にも勝つて、正確であり、精密であり、従つて、實に優秀なるものなる事を知る時、唯單に此の時計を所有する天文社會の誇りとするのみか、同時に亦我々一般社會の一種の新しい悦びであらねばならない。(1931. 5. 10記)

“Shortt” Synchronome clocks に関する文献

「論文」 J. Jackson, The “Shortt” clocks at the Royal Observatory, Greenwich.

J. Jackson, “Shortt” clocks and the Earth’s Rotation.

(何れも Jackson 氏の數理的研究論文であつて、ショルト、シンクロノム時計を論じ、地球の自轉運動に論及した興味ある研究である。

何れも、“Monthly Notices of Royal Astronomical Society” 誌にあり。)

「通俗」 “Horology” by Haswell.

“Horological Journal” 諸氏. (England.)

“Electric Clocks” by Hope Jones.

其他シンクロノム會の文献等あり。